

# 建築研究資料

*Building Research Data*

No. 160

July 2014

---

---

## 長周期地震動に対する超高層鉄骨造建築物の 耐震安全性に関する検討

Study on Seismic Performance for Super-High-Rise Steel Buildings against  
Long-Period Earthquake Ground Motions

長谷川隆, 福元敏之, 田上淳, 澤本佳和, 久保田淳, 時野谷浩良,  
鈴木康正, 寺田岳彦, 石井大吾, 成原弘之, 安田聡, 金子洋文,  
宇佐美徹, 小鹿紀英, 鈴木芳隆, 西山功, 向井昭義, 岩田善裕

Takashi Hasegawa, Toshiyuki Fukumoto, Jun Tagami, Yoshikazu Sawamoto, Jun Kubota,  
Hiroyoshi Tokinoya, Yasumasa Suzui, Takehiko Terada, Daigo Ishii, Hiroyuki Narihara,  
Satoshi Yasuda, Hirofumi Kaneko, Tetsu Usami, Norihide Koshika, Yoshitaka Suzuki,  
Isao Nishiyama, Akiyoshi Mukai, Yoshihiro Iwata

---

---

独立行政法人 建築研究所

Published by

Building Research Institute

Incorporated Administrative Agency, Japan



## はしがき

平成 15 年に発生した十勝沖地震では、震央から 250km 離れた苫小牧市内で、長周期地震動によって石油タンクが被災し、社会的に大きな関心を集める結果となった。また、平成 23 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震により、都心の高層建築物が長時間揺れ続けたことは記憶に新しい。最近の地震動予測研究の進捗により、南海トラフを震源域とする巨大地震により、東京、名古屋、大阪などの大都市圏のある大規模堆積平野で長周期地震動が強く励起され、免震あるいは超高層建築物などの長周期構造物に大きな影響を及ぼす可能性が指摘されている。

建築研究所ではこのような課題に対応するために、平成 21 年度から個別研究開発課題として「長周期地震動に対する超高層建物および免震建物の耐震性能評価技術の開発（平成 21～22 年度）」及び「長周期地震動に対する超高層建築物等の応答評価技術の高度化（平成 23～24 年度）」を行い、設計用長周期地震動の作成手法や、RC 造、鉄骨造等の超高層建築物及び免震建築物の応答評価技術等の検討を行っている。

これらの課題の実施にあたっては、国土交通省建築基準整備促進事業の関連課題を担当している事業主体と共同研究を行って検討し、超高層鉄骨造建築物の長周期地震動に対する安全性評価方法等の検討については、建築基準整備促進事業の調査事項「27-2 長周期地震動に対する鉄骨造建築物の安全性検証方法に関する検討（平成 22～24 年度）」を実施した事業主体（鹿島建設、大林組、清水建設、大成建設、竹中工務店、小堀鐸二研究所）と共同研究を締結して検討を進めた。建築研究所はこの共同研究で、調査研究の計画策定、研究成果の取りまとめに関して主たる役割を果たした他、個別の実験等に関しても事業主体とともに研究を行い、最終的に、長周期地震動に対する超高層鉄骨造建築物の限界保有性能や耐震安全性評価方法を提案している。

本資料は、上記の建築基準整備促進事業「27-2 長周期地震動に対する鉄骨造建築物の安全性検証方法に関する検討」において、平成 22 年度～24 年度の 3 カ年で実施した調査報告書を再構成し、3 年間の調査内容全体がよりわかりやすくなるように取りまとめたものである。この建築基準整備促進事業を実施いただいた上記の 6 社の事業主体の方々に対して、本資料の出版にご了解、ご協力いただいたことに、厚く御礼申し上げます。

本資料が、長周期地震動に対する超高層鉄骨造建築物の構造設計を行う設計者や耐震安全性の評価を行う性能評価機関等において、基礎資料として有効に活用され、これまで以上に信頼性と構造安全性の高い鉄骨造建築物の建設に役立てられることを期待する。

平成 26 年 7 月

独立行政法人 建築研究所

理事長 坂本雄三



## 長周期地震動に対する超高層鉄骨造建築物の耐震安全性に関する検討

長谷川隆<sup>1)</sup>，福元敏之<sup>2)</sup>，田上淳<sup>2)</sup>，澤本佳和<sup>2)</sup>，久保田淳<sup>2)</sup>，時野谷浩良<sup>3)</sup>，  
鈴木康正<sup>3)</sup>，寺田岳彦<sup>4)</sup>，石井大吾<sup>4)</sup>，成原弘之<sup>5)</sup>，安田聡<sup>5)</sup>，金子洋文<sup>6)</sup>，  
宇佐美徹<sup>7)</sup>，小鹿紀英<sup>8)</sup>，鈴木芳隆<sup>8)</sup>，西山功<sup>1)</sup>，向井昭義<sup>1)</sup>，岩田善裕<sup>9)</sup>

### 概 要

超高層建築物が長周期地震動を受けた場合に、建築構造を構成する部材・接合部・骨組などがどこまでの構造性能を発揮し得るかについては、必ずしも十分な知見が蓄積されているとは言えないのが実状である。

このような背景の下、超高層鉄骨造建築物を研究対象とし、長周期地震動に対する超高層鉄骨造建築物の安全性検証法確立に向けた基礎的知見を蓄積することを目的として、鉄骨部材、接合部、骨組の多数回繰り返し载荷による構造実験とモデル建物の地震応答解析を行った。この調査検討から得られた結果を以下にまとめて示す。

- 1) 鉄骨造梁部材、柱部材、接合部、等の多数回繰り返し载荷実験を行い、梁端部等の破断までの疲労曲線を明らかにした。また、3層実大架構の構造実験を行って、梁端部の疲労曲線の妥当性を検証した。
- 2) 長周期地震動に対する超高層鉄骨造建築物のモデル建物の地震応答解析を行って、部材の塑性率や累積塑性変形倍率等を明らかにした。また、実験から得られた疲労曲線を用いた超高層鉄骨造建築物の耐震安全性評価方法を提案した。
- 3) この研究プロジェクトでは、2棟の超高層鉄骨造建築物に地震計を設置し、地震観測を行った。これらの観測からは、東北地方太平洋沖地震に対する強震記録も得られた。これらの地震記録を分析して、実在する超高層鉄骨造建築物の周期や減衰特性を明らかにした。

---

1) 建築研究所，2) 鹿島建設，3) 大林組，4) 清水建設，5) 大成建設，6) 信州大学，7) 竹中工務店，  
8) 小堀鐸二研究所，9) 国土技術政策総合研究所

# Study on Seismic Performance for Super-High-Rise Steel Buildings against Long-Period Earthquake Ground Motions

Takashi Hasegawa<sup>1)</sup>, Toshiyuki Fukumoto<sup>2)</sup>, Jun Tagami<sup>2)</sup>, Yoshikazu Sawamoto<sup>2)</sup>, Jun Kubota<sup>2)</sup>,  
Hiroyoshi Tokinoya<sup>3)</sup>, Yasumasa Suzui<sup>3)</sup>, Takehiko Terada<sup>4)</sup>, Daigo Ishii<sup>4)</sup>, Hiroyuki Narihara<sup>5)</sup>,  
Satoshi Yasuda<sup>5)</sup>, Hirofumi Kaneko<sup>6)</sup>, Tetsu Usami<sup>7)</sup>, Norihide Koshika<sup>8)</sup>, Yoshitaka Suzuki<sup>8)</sup>,  
Isao Nishiyama<sup>1)</sup>, Akiyoshi Mukai<sup>1)</sup>, Yoshihiro Iwata<sup>9)</sup>

## Abstract

Research data and knowledge to evaluate the seismic performance of structural members, connections and frames of super-high-rise buildings under long-period earthquake motions are presently not enough.

Based on these backgrounds, in order to establish the seismic safety evaluation method for steel super-high-rise buildings against long-period earthquake motions, earthquake response analysis of model buildings and cyclic loading tests for steel members, connections and frames were conducted. From the results of these analyses and tests, following results were obtained.

- 1) Multi-cyclic loading tests for steel beam, column, beam-to-column connections, etc. were performed, and low cycle fatigue curve up to fracture of steel members was estimated. In order to verify an adequacy of the estimated fatigue curve, multi-cycle loading test on full-scale 3-story steel building was also carried out.
- 2) Earthquake response analysis of super-high-rise steel model buildings under long-period earthquake motions was conducted, and maximum ductility and cumulated plastic deformation ratio of members in the model buildings were obtained. The seismic safety evaluation method for super-high-rise steel buildings utilizing the estimated fatigue curve was also proposed.
- 3) In this research project, seismometers were installed in two existing super-high-rise steel buildings to obtain strong motion records in the buildings. In these two buildings, strong motion data could be collected during the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. From the analysis of these data, viscous damping and natural periods of the existing upper-high-rise steel buildings were investigated.

---

1) Building Research Institute, 2) Kajima Corporation, 3) Obayashi Corporation, 4) Shimizu Corporation,  
5) Taisei Corporation, 6) Shinshu University, 7) Takenaka Corporation, 8) Kobori Research Complex Inc.,  
9) National Institute for Land and Infrastructure Management

# 長周期地震動に対する超高層鉄骨造建築物の耐震安全性に関する検討

## 目次

はしがき	
概要	i
Abstract	ii
第1章 はじめに	1. 1-1
1.1 背景, 調査項目及び調査目的	1. 1-1
1.2 各年度の調査項目と内容	1. 2-1
1.3 本書の構成	1. 3-1
1.4 調査体制	1. 4-1
第2章 多数回繰り返し荷重を受ける鉄骨造柱, 梁部材, 接合部, 部分骨組の構造実験	2. 1-1
2.1 既存超高層鉄骨造建築物の実態調査	2. 1-1
2.2 梁部材の多数回繰り返し載荷実験	2. 2-1
2.3 梁端溶接部の多数回繰り返し載荷実験	2. 3-1
2.4 柱部材の多数回繰り返し載荷実験	2. 4-1
2.5 柱梁接合部パネル, 部分架構の多数回繰り返し載荷実験	2. 5-1
2.6 まとめ	2. 6-1
第3章 多数回繰り返し荷重を受ける鉄骨造3層実大架構等の構造実験と疲労曲線の検証	3. 1-1
3.1 既存鉄骨造高層建築物から切出した部分骨組の実験と疲労曲線の検証	3. 1-1
3.2 鉄骨造3層実大架構実験と疲労曲線の検証	3. 2-1
3.3 まとめ	3. 3-1
第4章 長周期地震動に対する超高層鉄骨造建築物の応答評価と安全性検証方法	4. 1-1
4.1 長周期地震動に対する鉄骨造建築物の応答評価に関する検討	4. 1-1
4.2 長周期地震動に対する鉄骨造建築物の安全性検証法に関する検討	4. 2-1
4.3 まとめ	4. 3-1
第5章 超高層鉄骨造建築物の地震観測	5. 1-1
5.1 地震観測建物の挙動調査	5. 1-1
5.2 東日本大震災による鉄骨造高層建築物の挙動調査	5. 2-1
5.3 まとめ	5. 3-1
第6章 おわりに	6-1
謝辞	6-1

